# 次世代加工を支える円筒研削盤

ジェイテクト
工作機械・メカトロ事業本部
工作機械開発部　標準機開発室
室長　納谷敏明

直近の社会環境の変化として、労働人口減少、自動車の電動化があげられる。また、進化をつづける世界の生産現場、中でも自動化システムを含めたモノづくりの変革は目覚ましい。これに対して、当社は「いつでも誰でも思い通りに動くシステム」を顧客に提供し、新分野の電気自動車（ＥＶ）市場にも挑戦していく。本稿では、当社が取り組む「自動化」、「知能化」、「生産性向上」に関する技術について紹介する。

## 自動化と知能化

### 搬送・計測の自動化

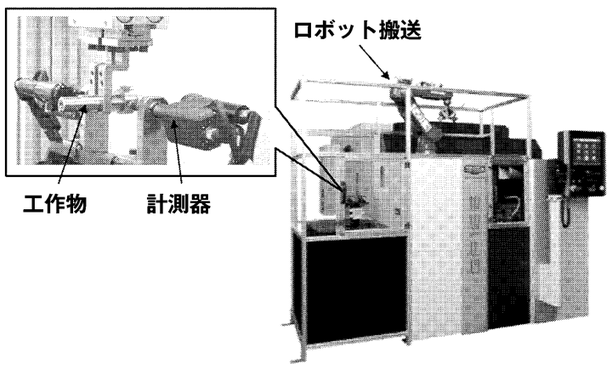
労働人口減少に対し、単純作業の省人化・無人化による作業者工数の削減は、避けて通れない課題である。

当社は、2018年開催の日本国際工作機械見本市ＪＩＭＴＯＦ2018で、ロボット搬送・ローダ搬送に計測を組み合わせたシステムを提案した（図1）。具体的には、加工後の工作物の径寸法と表面粗さを計測し、工作物に刻印したＱＲコードを用いて、個々の計測データと工作物の加工データ（モータ電流値等）を関連付けするという提案である。

今年は更にこれを進化させ「良品を出し続ける、止まらないシステム」を目指し、ロボットとローダを組み合わせたシステム（図2）や支援ロボットなど、ラインアップを拡充している。支援ロボットは、〝必要なときに〟、〝必要な場所に〟機械にアタッチメントできるロボットで、作業者の負荷状況に応じて臨機応変な作業補助を行うことができる。

計測においては、インラインの計測ステーションをユニット化し、径寸法に加え、カムプロフィール、真円度、振れ測定を可能とし、顧客の品質チェック工数削減に貢献する（図3）。更に画像技術を使い、工作物識別をインラインで行うことが可能である（図4）。インライン計測のメリットは品質チェック工数削減だけに留まらない。計測結果を設備にフィードバックすることにより補正を行い、加工品質のバラつき低減につながる。これによって顧客の製品品質向上に貢献できる。

今後は、画像識別技術の活用により、詳細形状認識による判別技術のレベルアップを図るとともに、これらの計測データを基に設備の自律化を進めていく。




TOYODA は当社登録商標です。

図1「ロボット搬送＋計測」システム

### IoE（注1）技術の活用

各種センサーを用いて設備のセンシングを行い、当社のエッジ型解析モジュール「ＴＯＹＯＰＵＣ―ＡＡＡ（注2）」でデータを収集・解析することによって、設備の故障予防や不良工作物の流出防止などの兆候管理ができる。

ここで、兆候管理を活用し、設備のランニングコストミニマム化を実現した事例を紹介する。

通常、砥石のツルーイングインターバルは定量値で設定されているが、工作物の「びびり」を監視することにより、砥石径に応じた最適なツルーイングインターバルを設定する定期点検機能、寿命管理機能、設備モニター、稼働モニタント高品位加工を実現するCNC円筒研削盤GE4Pi―100を展示した。

この研削盤には、誰でも簡単な操作で高品位な加工面を実現できる機能が有り、主軸回転速度、トラバース速度をこれくらいにしたいという数値を入れると、面品位が良くなる主軸回転速度とトラバース速度が自動的に算出される。この機能によって加工面のうねりは55%低減し、見た目品質が大幅に向上している。まさに匠の技を再現する機能であるが、一部の加工条件決定を支援するだけにとどまっていた。

本年は研削条件の「完全自動決定」を目指し、まずは当社が得意とする加工条件自動決定に取り組んだ。初めに、加工理論、当社が保有する知見、および、熟練者のノウハウや知識を多様なつながりで表現する知識モデルを作成し、人の思考過程を模擬化した。次に、ひとつひとつの知識をつなげ、寄与度などのパラメーターを設定することにより加工ノウハウモデルを構築した。これによって、砥石仕様、要求精度などを入力すると、加工条件、サイクルタイム、ツーイングインターバルが出力されるシステムが完成し、誰でも簡単にカムシャフトの加工条件を決定することが可能となった。

今後は、クランクシャフトやロール等の高精度加工品へ対象工作機械および刃具の最適条件をリアルタイムにチューニングする技術を確立していく。

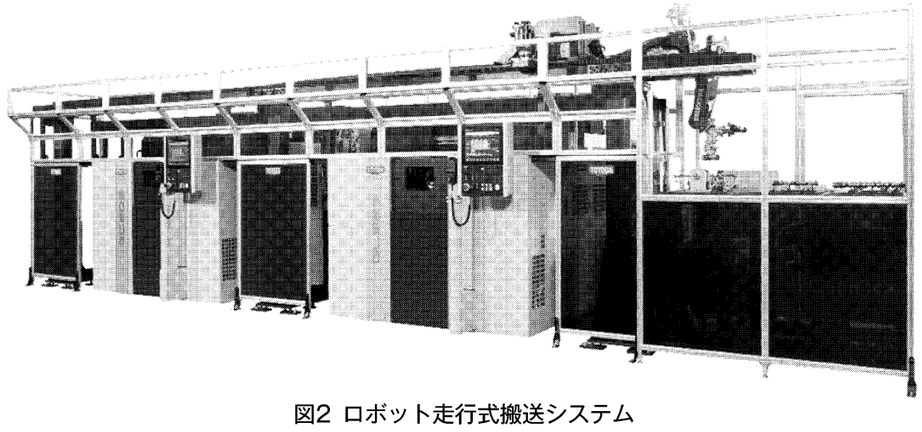


図2 ロボット走行式搬送システム

## コア技術の進化

### 静圧技術

当社が保有するコア技術のひとつとして静圧技術があげられる。

国内では、1955年に当社がフランス・ジャンドルンからの技術導入を受け、国産初の静圧軸受を搭載した研削盤の生産を開始した。しかし、技術導入された当時の静圧軸受は、軸受性能に大きく関与する潤滑油の流量が軸受の大きさの影響を受けるために、必ずしも理論上最適な設計が行えなかった。

その点を改良するために、技術導入を受けた静圧軸受を使用した研削盤の生産から10年後の1965年には、内部還流式静圧軸受と呼ばれる静圧軸受を独自に開発した。この静圧軸受の特徴はポケットの中に排出穴を設けた点である。排出穴の大きさ、数を設計パラメーターに加えることで潤滑油流量の設計範囲が各段に広がり、理論上最適な設計が自由に行えるようになり、研削盤の砥石軸のみならず、超精密加工機、マシニングセンターなどの回転軸や案内面など、Ｎ層内の結合剤含有量を減らし、高気孔構造によって結合剤と工作物の摩擦を減らし、ツルーイング直後の研削抵抗を抑え、連続研削時の切れ味の変動を抑制する、という特長を有する。ＣＢＮ層内の結合剤含有量が折り合わないことも多い。

これらの材料を効率良く加工するには、多刃工具を用いて一刃当たりの除去量を減らす必要がある。その解決策のひとつが砥石による研削加工技術である。被削材特性に合わせた最適砥石設計技術、自由形状を創生する制御技術、材料特性に負けない機械剛性もまた必要である。加工時に排出される粉じんの処理や機械の防護性なども重要である。

これら全ては当社が磨き続けた技術であり、〝剛さ〟と〝しなやかさ〟を備えた当社技術を結集させることで、顧客の製品の材料革新を支え推進することが可能になると考えている。

当社は、量産ラインで鍛え上げられた加工精度、パフォーマンス、信頼性といった強みを常に進化させ、生産性向上を追求してきた。

自動化、知能化の礎となるこれらの強みを更に進化させ、「安定した機械」と「システム」の融合による生産効率向上を追求していきたい。

最終的には、現実世界のデータ集合体を収集し、仮想世界で最適化を行う〝ＣＰＳ〟による生産性改善を目指し、機械の高度自律化により技能者の不足を解決する、そして、顧客から「ＴＯＹＯＤＡの研削盤にして良かった」と言っていただける、「いつでも誰でも思い通りに動くシステム」を提供していきたい。

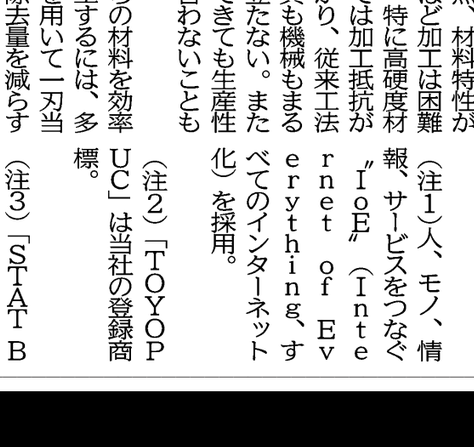





図3 インライン計測ステーション

### 知能化

労働人口が減少するということは、熟練技能者も減少するということである。よって、熟練者の技能を若手に伝承することが急務であるが簡単ではない。

そこで当社では、「誰でもかんたんに熟練者と同等の加工ができる」設備を目指し、熟練者のノウハウのデジタル化に取り組んでいる。

ＪＩＭＴＯＦ2018では、熟練技能者の減少に対応する技術伝承をデジタル化し、イ




図4 工作物識別ステーション

### 超砥粒ホイール

もうひとつのコア技術である超砥粒（ダイヤモンド砥粒、ＣＢＮ砥粒）ホイールについて紹介する。

超砥粒ホイールは硬さや熱伝導率に優れ、①普通砥石（アルミナ）と比較して摩耗量が極めて少ない、②加工表面品位が向上する、③砥石ベースに金属材料を使用しているため、破壊に対して安全である、という特長に応じて比強度や硬度、耐熱性が優れる炭素繊維強化プラスチック（ＣＦＲＰ）やインコネルといった材料が採用されている。

今後、あらゆる場面でより優れた特性を有する材料革新が求められていくと思われるが、当然、材料特性が優れるほど加工は困難となる。特に高硬度材の加工では加工抵抗が跳ね上がり、従来工法では工具も機械もまるで歯が立たない。また加工ができても生産性が折り合わないことも多い。

これらの材料を効率良く加工するには、多刃工具を用いて一刃当たりの除去量を減らす必要がある。その解決策のひとつが砥石による研削加工技術である。被削材特性に合わせた最適砥石設計技術、自由形状を創生する制御技術、材料特性に負けない機械剛性もまた必要である。加工時に排出される粉じんの処理や機械の防護性なども重要である。

これら全ては当社が磨き続けた技術であり、〝剛さ〟と〝しなやかさ〟を備えた当社技術を結集させることで、顧客の製品の材料革新を支え推進することが可能になると考えている。

当社は、量産ラインで鍛え上げられた加工精度、パフォーマンス、信頼性といった強みを常に進化させ、生産性向上を追求してきた。

自動化、知能化の礎となるこれらの強みを更に進化させ、「安定した機械」と「システム」の融合による生産効率向上を追求していきたい。

最終的には、現実世界のデータ集合体を収集し、仮想世界で最適化を行う〝ＣＰＳ〟による生産性改善を目指し、機械の高度自律化により技能者の不足を解決する、そして、顧客から「ＴＯＹＯＤＡの研削盤にして良かった」と言っていただける、「いつでも誰でも思い通りに動くシステム」を提供していきたい。

### 材料革新

顧客の製品の生産性向上を追求する一方で、製品品質向上という観点で考えたとき、〝高精度な加工〟以上に大きく寄与する要素が〝高機能材料の適用〟である。例えば、より壊れにくい部品を生み出すには、強度計算した図面通りに高精度で加工することは当然重要だが、より壊れにくい材料を用いることでその強度を大幅に向上させることができる。

実際、多くの場面で非鉄材料へのシフトが検討されており、特に絶対の安全性と高効率性の両立が求められる航空機産業などでは、ボディーやエンジンなどの部品に必要な特性に応じて比強度や硬度、耐熱性が優れる炭素繊維強化プラスチック（ＣＦＲＰ）やインコネルといった材料が採用されている。

今後、あらゆる場面でより優れた特性を有する材料革新が求められていくと思われるが、当然、材料特性が優れるほど加工は困難となる。特に高硬度材の加工では加工抵抗が跳ね上がり、従来工法では工具も機械もまるで歯が立たない。また加工ができても生産性が折り合わないことも多い。

これらの材料を効率良く加工するには、多刃工具を用いて一刃当たりの除去量を減らす必要がある。その解決策のひとつが砥石による研削加工技術である。被削材特性に合わせた最適砥石設計技術、自由形状を創生する制御技術、材料特性に負けない機械剛性もまた必要である。加工時に排出される粉じんの処理や機械の防護性なども重要である。

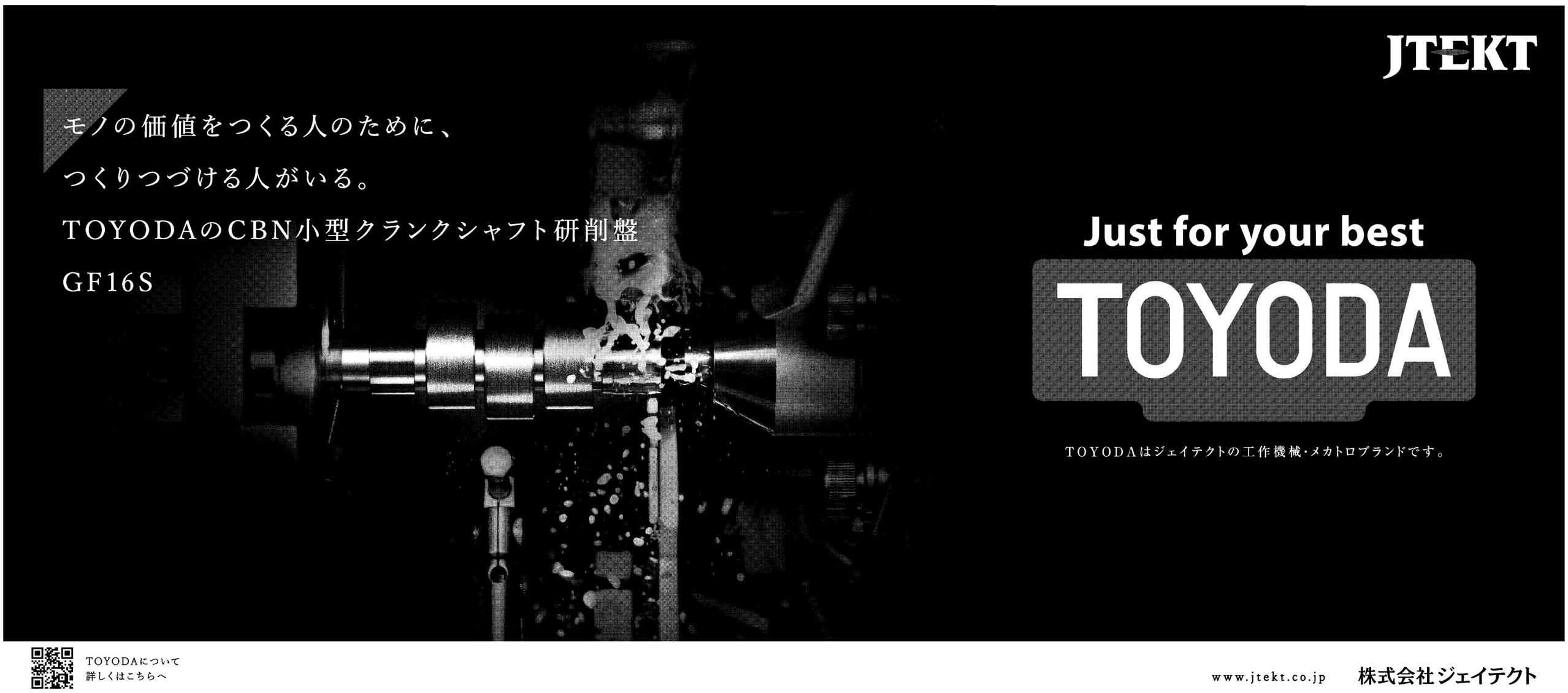
これら全ては当社が磨き続けた技術であり、〝剛さ〟と〝しなやかさ〟を備えた当社技術を結集させることで、顧客の製品の材料革新を支え推進することが可能になると考えている。

当社は、量産ラインで鍛え上げられた加工精度、パフォーマンス、信頼性といった強みを常に進化させ、生産性向上を追求してきた。

自動化、知能化の礎となるこれらの強みを更に進化させ、「安定した機械」と「システム」の融合による生産効率向上を追求していきたい。

最終的には、現実世界のデータ集合体を収集し、仮想世界で最適化を行う〝ＣＰＳ〟による生産性改善を目指し、機械の高度自律化により技能者の不足を解決する、そして、顧客から「ＴＯＹＯＤＡの研削盤にして良かった」と言っていただける、「いつでも誰でも思い通りに動くシステム」を提供していきたい。

（注1）人、モノ、情報、サービスをつなぐ〝ＩｏＥ〟（Ｉｎｔｅｒｎｅｔ ｏｆ Ｅｖｅｒｙｔｈｉｎｇ、すべてのインターネット化）を採用。

（注2）「ＴＯＹＯＰＵＣ」は当社の登録商標。

（注3）「ＳＴＡＴ ＢＥＡＲＩＮＧ」は当社の登録商標。